



ДОПОВІДЬ ПРО ОХОРОНУ ДОВКІЛЛЯ

3

Нова ера енергетики

Кертис Мур

У дев'ятнадцятому столітті світова енергетика перейшла з дров на вугілля. У двадцятому – з вугілля на нафту. Останнім часом з'являються ознаки наближення третьої енергетичної революції. Світ стоїть на порозі ери нових технологій і матеріалів, зокрема паливних. І хоча зрозуміло, що така зміна навряд чи відбудеться за день, ясно й те, що вона вже не за горами. Питання лиш у темпах і масштабах. Чи набуде перехід на нові види енергії характеру технологічної революції? Або це буде еволюційний процес?

РЕВОЛЮЦІЯ ЧИ ЕВОЛЮЦІЯ?

Якщо на нас чекає революція, ми вже найближчим часом станемо свідками і виробництва, і використання енергії у зовсім новий спосіб. Власне, таких технологій буде чимало: так, абсолютно екологічно чисті вітер і сонце можуть служити джерелом електроенергії, яку використоватимуть для виробництва водню – екологічно

чистого палива для заводів, ТЕЦ, машин і, можливо, навіть кораблів і літаків. Дахи будинків замість гонту можна вкривати панелями, що перетворюватимуть сонячне світло на струм. Разом із дарами ланів фермери збиратимуть урожай електрики, отриманої з енергії вітру – а значить, електричне освітлення й холодильники з'являться у найглуших куточках світу. Надміцні, легкі, екологічно чисті й легко перероблювані на вторинну сировину автомобілі мчатимуть швидкісними шосе поруч із вантажівками й потягами, обтічними і стрімкими, як ракета.

Якщо ж процес піде еволюційним шляхом, світ, можливо, й надалі користуватиметься видами палива, що забруднюють довкілля, – вугіллям, нафтою, природним газом – але в інший спосіб, за допомогою нових, чистіших, ефективніших технологій. Цілком вірогідно, що й машини, і теплоелектростанції подвоють або навіть потроять свій ККД, одночасно

знизвши рівень забруднення довкілля на 90 відсотків. Житлові й адміністративні будівлі з теплоізоляційних матеріалів, лампи і двигуни з високим ККД, автоматичне управління виробничими лініями зменшать споживання енергії – а з ним і забруднення довкілля – на 75 відсотків. Замість бойлерів та кондиціонерів, будинки у містах і навіть віддалених селах будуть обладнані паливними елементами – компактними, безшумними, надчистими пристроями, що вироблятимуть електроенергію шляхом хімічних реакцій, побічними продуктами яких стануть абсолютно чиста вода, тепло і мінімум – а, можливо, й нуль – екологічно шкідливих речовин. Легкові й вантажні авто працюватимуть, як і раніше, на нафтопродуктах – бензині й дизельному пальному, але вже «екологічно чистих» їх марках, під тиском зростаючої конкуренції збоку природного газу, метанолу та інших чистих видів пального.

НАДВОДНА ЧАСТИНА ТЕХНОЛОГІЧНОГО АЙСБЕРГА

Пристане світ до одного з цих сценаріїв чи це буде якесь поєднання обох, навряд чи з'ясується протягом кількох наступних років. Ясно, проте, що, підштовхувані бурхливим зростанням населення планети і ще швидшим підвищенням рівня життя в багатьох частинах світу, зміни не забарятися. В усьому світі споживання електроенергії невпинно йде вгору, а з ним зростає рівень забруднення повітря викидами, а ґрунту – відходами її виробництва. У відповідь, наукові заклади і промислові корпорації пропонують приголомшливе розмаїття нових технологій виробництва й використання енергії. Звичайно, невеликі фірми теж виходять на ринок із своїми винаходами, але домінують у цій галузі корпорації-гіганти. Ось лише кілька прикладів:

- Майже всі провідні виробники автомобілів – від «Дженерал моторс» до «Тойоти», а також Електроенергетична компанія Токіо, енергосистема, яка має 25 мільйонів споживачів, розробили промислові зразки легкових і вантажних електроавто. «БМВ», «Мерседес» і «Мазда» продемонстрували моделі, що працюють на водні. Передові розробки «Вольво» й «Тойоти» завдяки малій вазі (корпус виготовлено з легких, але надміцніх матеріалів), невеликому опору шин під час руху, високій ефективності двигунів та сучасному обладнанню проходять на літрі звичайного бензину чи дизельного палива до 38 кілометрів.
- Один із лідерів світової енергетики, шведсько-німецько-швейцарський конгломерат АББ (Аcea-Браун-Бовері), пропонує технологію ТЕЦ, що працюють на традиційному вугіллі, але зменшують забруднення довкілля на 90 відсотків. Такі станції уже збудовано у Швеції, Іспанії та Сполучених Штатах. З подібною технологією на ринок вийшли також фірма «Лурджі» і давні суперники – нафтovі компанії «Тексако» й «Шелл».
- Тим, хто віддає перевагу природному газу, системи «комбінованого

циклу» компанії «Дженерал електрик» (названі так тому, що поєднують у собі парові й газові турбіни) дають змогу створити найчистіші й найефективніші великі електростанції в світі. Наприклад, на електростанції Фуцу загальною потужністю 2000 мегават, що належить Електроенергетичній компанії Токіо, турбіни комбінованого циклу «Дженерал електрик» працюють у тандемі з системою «селективного каталітичного відновлення» (СКВ), яка зменшує забруднення хімічним шляхом. Фуцу генерує електрику з ККД 47 відсотків, що приблизно на третину краще, ніж у середньому по галузі, у той час як рівень забруднення не перевищує ѹ 10 відсотків того, що викидають в атмосферу інші станції. Зараз будеться ще чистіша й ефективніша електростанція. Щоб не відставати, свої системи комбінованого циклу розробили і конкуренти «Дженерал електрик» – «Сіменс» та «АББ».

- Вже декілька американських компаній постачають абсолютно екологічно чисті вітряні електроГенератори, які виробляють дешевшу – принаймні, не дорожчу – енергію, ніж вугільні ТЕЦ. Сонячні батареї виготовляють близько 15 різних компаній.
- Паливні елементи, які хімічним шляхом перетворюють водень чи такі його «носії», як метанол або природний газ, на електроенергію, вже сьогодні встановлюють на дослідних виробництвах у Каліфорнії, Японії та інших частинах світу. Серед материнських компаній таких підприємств – «Інтернешнл ф'юел селл корпорейшн», дочірня фірма «Юнайтед текнолоджиз». Інші виробники паливних елементів – японський конгломерат «Фуджі електрик» і «Баллард індастриз», Ванкувер, Канада.

I ці новинки – тільки горішня частина технологічного айсберга. Буквально сотнями нові вироби з'являються на світовому ринку, як правило, знаходячи покупців, які часто прагнуть придбати не тільки екологічно чистішу, але й досконалішу, швидшу й дешевшу техніку. Звідки такий несподівано широкий вибір? Для відповіді на це запитання

згадаймо про те, який шлях пройшла світова енергетика за останні роки.

НОВА ЗАГРОЗА ЕНЕРГЕТИЦІ

Лавину технологічних новацій спричинила насамперед загроза екологічної катастрофи, до якої вже не перший рік прикута увага світової громадськості. Йдеться про «глобальнє потепління» – зростання температури планети через забруднення повітря, передусім двоокисом вуглецю. І хоча більшість науковців погоджується з тим, що беззаперечно встановити посилення «тепличного ефекту» можна буде не раніше, ніж років через десять, вони ж настійливо попереджають: сидіти склавши руки, доки потепління зареєструється – значить нарахатися на небезпеку глибинних і неповоротних змін. Щоб зупинити процес, людству потрібно сконцентрувати зусилля на трьох основних напрямках:

Зростання населення. Протягом багатьох століть єдиною константою у світі, що дедалі швидше змінюється, залишається приріст населення. З 1950 року воно подвоїлося з 2,5 мільярда до приблизно 5,2 мільярда чоловік. Більша частина приросту припала на країни, що розвиваються: на 1990 рік у них проживало 77 відсотків населення планети – 4,4 мільярда чоловік. Розрив між населеністю країн, що розвиваються, й розвинених країн, очевидно, збільшуватиметься, оскільки зростання людності останніх їде відносно скромними темпами. Так, населення Німеччини та деяких інших країн не зростає взагалі, а рівень народжуваності в менш розвинених країнах у три чи й п'ять разів вищий. За деякими прогнозами, протягом наступних тридцяти років населення індустріальних держав зросте всього на 150 мільйонів, тоді як приріст у країнах, що розвиваються, становитиме приблизно 3 мільярди.

Також важливо відзначити, що в країнах, що розвиваються, молодь складає набагато більшу частку населення. Коли ці діти і підлітки виростуть і досягнуть шлюбного віку, зростання населення ще більше прискориться, а з ним підскочить і

споживання енергії, оскільки молоді заводитимуть своє господарство, купуватимуть машини й користуватимуться холодильниками та іншими енергоємними господарчими приладами.

Зрослий рівень споживання. Пarelельно кількості населення зростає і рівень життя, отже, і попит на товари, що споживають енергію й забруднюють довкілля. В індустриальних країнах – таких, як Сполучені Штати – велика частка споживаної енергії припадає на більші й вибагливіші технічні засоби: двокамерні холодильники зі збільшенням обсягом, машини з потужнішими двигунами. У країнах, що розвиваються, зросле енергоспоживання пояснюють поширенням на ці країни товарів і технологій, що їх розвинені країни давно вже сприймають як належне – машин, холодильників, кип'ятильників, кондиціонерів тощо.

Таким чином, речі, що споживають енергію і прямо чи посередньо спричиняють забруднення довкілля, множилися набагато більшими темпами, ніж збільшувалося населення. Наприклад, 1950 року на дорогах налічувалося близько 70 мільйонів машин. Сьогодні ця цифра зросла ввосьмежо – 550 мільйонів. За цей період населення планети збільшилося тільки вдвічі, отже, кількість автомобілів зростала вчетверо швидше, ніж людей. Як наслідок, крім коротких перерв, викликаних нафтовими кризами (1973–1975, 1979–1982), виробництво енергії за останні 20 років невпинно зростало, сягнувші сьогодні майже 150 відсотків од рівня 1970 року. Понад 90 відсотків загального обсягу виробництва становлять вугілля, нафта й газ. Як і раніше, більшу частку енергії споживають індустрально розвинені країни – приблизно вдесятеро більше на душу населення, ніж решта світу.

Однією з причин такого відриву є зрослий в індустриальних країнах попит на більше і краще житло. В Європі, Північній Америці та Японії річні темпи збільшення кількості будинків починаючи з 1972 року коливалися від 1,1 до 1,9 відсотка. Збільшилися й розміри житла: між

1972 та 1987 роками приріст корисної площини на душу населення становив 1,4–2,1 відсотка. До того ж, поліпшилося «технічне оснащення» житла: в Німеччині, Франції, Італії та Англії частка будинків із центральним опаленням зросла з 40 відсотків у 1972 до 70 відсотків у 1987 році. Холодильники й морозильні камери збільшилися в розмірах, з'явилися також нові побутові електроприлади. Наприклад, у Франції, де, за висловом одного експерта, до 1985 року ніхто не бачив домашньої машини для сушіння білизни, сьогодні ці агрегати продаються по 500 тисяч штук на рік.

Втім, оскільки після паливних криз 70-х та 80-х років більшість індустриальних країн стали на шлях жорсткого заощадження енергії, більша частка 50-відсоткового приросту споживання енергії протягом останніх двох десятиріч припадає на країни, що розвиваються. З 1970 року загальне промислове споживання енергії у цих країнах майже потроїлося, а до 2025 року має потроїтися ще раз. В основному цей приріст іде за рахунок вугілля й нафти: незважаючи на різкий і стрімкий підйом у споживанні енергії в містах, переважна більшість сільських громад усе ще використовує як джерело світла, тепла і вогню дрова, тваринні й рослинні відходи та деревне вугілля. Що ж до інших завдань повсякденного життя – наприклад, сільськогосподарських та іригаційних робіт – майже все 2,5-мільярдне сільське населення планети змущене, як і сотні років тому, покладатися на худобу, коней, інших сільських тварин та власні сили.

Зросле забруднення довкілля. В міру того, як нестримне зростання населення та індустріалізація вражали нові й нові країни, що розвиваються, великі міста ставали розсадниками забруднення. Наприклад, у дні максимального забруднення повітря в Афінах смертність серед жителів міста підскакує у п'ять разів. У Мехіко-Сіті, де, на думку багатьох експертів, найбрудніше повітря у світі, рівні озону і смогу мало не щодня втрічі перевищують межі, рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ). При тому, що в

місті 36 тисяч заводів і фабрик, майже 80 відсотків викидів надходить з вихлопних труб 3 мільйонів легкових та вантажних автомобілів, що спалюють 19 мільйонів літрів неякісного та етильованого бензину на день.

За оцінками ВООЗ, 70 відсотків населення Землі дихає нездоровим повітрям принаймні деякий час протягом доби, ще 10 відсотків споживають повітря «на грани». Вивчення концентрацій двоокису сірки і сульфатів, що утворюються в повітрі після згоряння таких сірковмісних викопних видів палива, як вугілля, пов'язало наявність цих забруднювачів з бронхіальними захворюваннями та зимовими хворобами в дітей.

Між 1979 та 1985 роками вісім з десяти китайських спостережних станцій повідомили про підвищення рівня сірчаних сполук в атмосфері, подекуди в три-п'ять разів у порівнянні з будь-яким регіоном Північної Америки. Подібні, хоча й не такі загрозливі, умови склалися в Нью-Делі, Джакарті, Тегерані, Манілі, Бангкоку та інших містах.

Рівень забруднення сягнув небезпечної позначки і в ряді розвинених країн. У Krakові, наприклад, кам'яним будівлям і пам'ятникам заподіяно такої шкоди, що місцями здається, ніби камінь поплавився. У деяких районах Чехії і Словаччини вимерли цілі лісні масиви. Від підвищеної концентрації озону й кислотних дощів гибнуть ліси по всій Європі й Північній Америці.

Та забруднення повітря може привести до згуби навіть віддалені од промисловості райони. У дощових пралісах Африки вчені спостерігають рівні кислотних дощів і смогу, не нижчі від центральної Європи. Можливо, причиною є регулярне випалювання просторів саванн для потреб примітивного сільського господарства.

ВІДПОВІДЬ НА ЗАГРОЗУ

Занепокоєність загрозою екологічної катастрофи зростає. Тим часом, залежність світу від запасів нафти на Близькому Сході зберігається. За цих умов політики багатьох країн шукають нових рішень.

Збереження енергії. За рахунок підвищення ефективності використання енергії можна знизити її споживання, а відтак і забруднення довкілля. Після паливних криз 70-х років енергокористування в більшості розвинених країн зазнalo докорінних змін. Скоротилося споживання нафти, було взято курс на підвищення енерговіддачі і винайдення ненафтових джерел енергії. Внаслідок уперше на пам'яті людства вдалося розірвати згубну ланку між споживанням енергії та економічним зростанням. Економіка таких країн, як Японія, продовжувала успішно розвиватись, а споживання енергії в них помітно скоротилося. Кількість енергії, потрібна для створення одиниці ВНП в країнах-членах Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), скоротилося в середньому на 25, а в Японії, Данії та Англії – на 30 відсотків.

Така політика в цілому увінчалася успіхом – протягом 70-х років імпорт нафти збільшувався досить повільно, а у 80-х почав падати. Винятком із загального правила стали Японія, де чистий імпорт нафти зріс на 15 відсотків, і Сполучені Штати, де він більш ніж подвоївся. Однак зниження обсягів імпорту нафти спричинили не тільки консерваційні заходи. Наприклад, видобуток вугілля, принаймні спочатку, зрос, хоча й не так помітно, як можна було чекати.

Чистіше пальне. Викиди можна радикально зменшити, якщо використовувати чистіше пальне. Незважаючи на виснаження світових запасів нафти і багаті вугільні поклади, споживання вугілля з 1970 року збільшилося лише на 22 відсотки – тобто менш ніж наполовину порівняно з загальними темпами витрачання енергоносіїв. Споживання нафти – другого після вугілля найбруднішого викопного енергоносія – дещо впало попри спад у реальних цінах, що триває з середини 80-х років. І навпаки, споживання природного газу, найчистішого з усіх викопних енергоносіїв, стабільно зростало і зараз майже зрівнялося з вугіллям. При цьому зросле споживання вугілля пояснюється його використанням для

виробництва ще чистішого кінцевого виду енергії – електрики. З огляду на гнучкість застосування і нульове забруднення довкілля на кінцевому етапі, електроенергії сьогодні споживається майже вдвічі більше, ніж 1973 року. В основному її отримано з вугілля, однак різко зросла і частка невикопних видів палива, особливо ядерного.

Більшість країн заохочували та-кож перехід на поновлювані джерела енергії – тепло Землі, сонце, вітер, біомасу. Нині ці екологічно чисті, часто невичерпні джерела задоволяють до 5 відсотків енергетичних потреб таких країн, як Австралія, Австрія, Данія, Канада, Швеція, Швейцарія.

Нові технології. Беручи на озброєння нові технології, які спричиняють менше забруднення самі по собі або завдяки своїй вищій ефективності, можна, серед іншого, зменшити атмосферні викиди електростанцій. Проте саме в розвитку нових технологій старі болячки, пов’язані з нафтою та шкодою для довкілля, даються взнаки найбільше й найдовше.

Технології, які зменшують споживання енергії і забруднення повітря, поділяються на дві великі групи: ті, що використовуються виробником, і ті, що використовуються споживачем.

Своєю чергою, «технології виробника» поділяються на такі категорії: технології спалювання, що використовуються на теплових електростанціях для перетворення енергії викопного палива в електрику; допоміжні технології обмеження забруднення довкілля – наприклад, каталітичні перетворювачі для зменшення рівнів окисів азоту, одноокису вуглецю та вуглеводнів у вихлопних газах автомобілів; методи збереження енергії – наприклад, паралельне генерування енергії на виробництвах, що дає змогу використати для опалення (охолодження) житлових приміщень чи живлення агрегатів, скажімо, паперової фабрики побічне тепло, яке інакше довелося б буквально викинути на вітер.

«Технології споживача» – це ті, що знижують споживання енергії при

тому ж рівні виробництва. Новітні електролампочки і пов’язані з ними обладнання, наприклад, забезпечують таке ж і навіть краще освітлення, працюючи з настільки високим ККД, що за своє десятирічне життя дають чималий економічний зиск. Таку ж економію можна запровадити за допомогою нових конструкцій двигунів і механізмів управління, вікон, що нейтралізують нагрівальний ефект сонячних променів, і багатьох інших пристріїв.

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ НА СТАРОМУ ПАЛИВІ

Вугілля. Традиційно електроенергію отримували з вугілля шляхом розмельювання і спалювання в установках, що працюють на пиловидному паливі. За старої технології, без будь-якого захисту проти забруднення, вугілля дає цілий «буket» забруднювачів, спричиняючи кислотні дощі, смог і глобальне потепління, отруюючи водойми токсичними металами.

Але цього можна уникнути. Використання як добре випробуваних, так і нових, більш ефективних технологій дає змогу або спалювати вугілля з більшою віддачею, або перетворювати його на газ. Там, де традиційно застосовується газифікація вугілля, можна для підвищення енерговіддачі і зменшення забруднення запровадити систему комбінованого циклу або турбін, «позиціні» в авіапромисловості – конструктивно вони спираються на реактивні двигуни квазізвукових літаків.

Одна з таких систем зветься «комплексний газифікаційно-комбінований цикл», вона перетворює вугілля на газ за допомогою двох турбін. Спочатку вугільний газ спалюють у газовій турбіні, яка широко застосовується у світі з початку 60-х років. Потім зайвинне тепло – яке на більшості ТЕЦ просто «йде в трубу» – натомість використовується для приведення в дію другої, парової турбіни.

Часто цей цикл ще називають технологією «Кул Вотер» (Холодна Вода): так звалося ранчо, що стояло колись у каліфорнійській пустелі Могаве на місці лабораторії, де

ВЕЛИКА ТРИЙКА: ВУГІЛЛЯ, ПРИРОДНИЙ ГАЗ, НАФТА

Вугілля. Це – найдешевий, найшире розповсюджений і найбрудніший з трьох основних видів викопного палива. Має високий вміст вуглецю і при згоранні дає неймовірне забруднення. І, хоча його видобування також нівечить ландшафт, до цього джерела прив'язує ціла низка обставин.

Серед трьох основних видів викопного палива, поклади вугілля розповсюдженні найбільш рівномірно. Його запасів повинно вистачити на 390 років. Понад 60 відсотків світових запасів вугілля припадає на країни, що розвиваються (50 відсотків тільки в Китаї). Серед розвинених країн, колишній Радянський Союз та Сполучені Штати найбагатіші на вугілля (відповідно 13 та 12 відсотків).

Незважаючи на зростаючу занепокоєність глобальним потепленням, кислотними дощами та іншими проявами екологічних негараздів, вугілля все ще широко використовується. Центральна Європа та колишній Радянський Союз серйозно залежать від цього джерела енергії, хоча вугілля забруднює повітря так, що будинки й пам'ятники буквально «плавляться», як метал від корозії.

Вугілля – найважливіше джерело енергії в Польщі, Чехії і Словаччині. На ньому працює вся промисловість Болгарії. Більшість осель у цих країнах, а також в Угорщині теж опалюється вугіллям: у Польщі на це йде 47 відсотків усього споживаного вугілля, в Угорщині 75 відсотків.

На Сході, вугілля вдовольняє 73 відсотків енергетичних потреб китайської економіки, причому чверть усього вугілля йде на опалення житлових будинків, спричиняючи серйозне забруднення повітря в містах. Китай, Індія, Південна Африка і КНДР виробляють 92 відсотки вугілля всіх країн, що розвиваються. В інших країнах, що розвиваються, поклади вугілля безумовно великі, але точних даних бракує, оскільки розвідка провадилася в обмеженому обсязі.

Природний газ. Його запаси поділені між розвиненими країнами й такими, що розвиваються, приблизно навпіл. Першим їхніх запасів вистачить на 39, останнім (з їх нижчим рівнем промислового виробництва) – на 155 років. Найбільші запаси серед країн світу має колишній Радянський Союз – 38 відсотків від загальних.

Природний газ висунувся на перше місце як найважливіший вид палива в розвинених країнах, які не є членами Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), об'їшовши нафту 1983 року й вугілля 1987 року. Цей зсув пояснювався передусім орієнтованою на виробника енергетичною політикою в колишньому Радянському Союзі, де після початку застою у вугільновидобувній промисловості наприкінці 70-х кошти було переспрямовано в нафто-, а згодом (після стабілізації видобутку нафти у 80-і роки) газовидобувний сектори.

Нафта. Її запасів на Землі ще чимало, хоча й менше, ніж вугілля чи природного газу. За рівнів виробництва 1989 року тих 124 мільярдів тонн, що їх маємо зараз, повинно вистачити на 40 років. Країни, що розвиваються, володіють понад 86 відсотками світових запасів. Серед розвинених країн доведені запаси поділяються майже порівну між членами ОЕСР та рештою держав, причому і тим, і тим цих запасів ледь вистачить на 10 років.

Чимало розвинених країн добре пам'ятають нафтовий шок 70-х і не припиняють спроб знайти нафті альтернативу. Як наслідок з 1973 року споживання нафти для виробництва електроенергії, опалювання та інших промислових потреб у більшості розвинених країн іде вниз. У багатьох країнах знизилося і споживання нафти для потреб транспорту, хоча в Сполучених Штатах воно, навпаки, зросло, і сьогодні Америка залежить від імпорту нафти ще більше, ніж 20 років тому.

Втім, нафта залишається найважливішим джерелом енергії в світі. У 1989 році її частка в загальному обсязі постачання енергії становила приблизно 39 відсотків, вугілля, природного газу, енергії води й атому – відповідно 28, 21, 7 і 6 відсотків. При колосальних вкладеннях у трубопроводи, сховища, виробництво двигунів та всіх інших речей, що працюють на нафтопродуктах, домінування нафти на світовому ринку навряд чи зменшиться найближчим часом.

згодом розробили цей метод. Завдяки йому вугілля всіх сортів згоряє так ефективно (наприклад, знищується до 99 відсотків домішок сірки), що, за прогнозами Міністерства енергетики США, ця технологія може вполовину скоротити викиди двоокису сірки – головного винуватця кислотних дощів – усіх американських підприємств, залишивши вартість генерованої електроенергії на рівні звичайних ТЕЦ, а в багатьох випадках і здешевивши її.

Однак «Кул Вотер» ні в якому разі не є єдиним методом очищення вугілля. Коли дрібнорозпилена суміш вугілля та інших матеріалів зависає у просторі на вихідних потоках повітря, вона багато в чому поводиться як рідина. Розмелювання і спалювання вугілля в системах, де застосовано технологію «псевдорозрідженошару», дає повніше згоряння, тобто більше енергії й менше забруднення. Існує кілька різних типів установок на технології «псевдорозрідженошару», але всі вони подібні в тому, що здатні спалювати різні види палива з більшою віддачею й меншими екологічними збитками, ніж застарілі бойлери на пиловидному вугіллі. Забруднення повітря від однієї з установок типу «шар, що циркулює» настільки незначне, що вона працює неподалік центру німецького міста Дуйсбурга в оточенні житлових будинків. Інша, типу «шар під тиском», розташована в п'ятьох хвилинах від центру Стокгольма, і теж посеред житлових кварталів.

Серце всіх таких установок – турбіна, тобто двигун, чиї лопаті обертаються під тиском пари або від швидкого розширення гарячих газів, утворених згорянням палива. Прогрес у вдосконаленні обох типів турбін дав змогу різко підвищити їхню продуктивність. Найбільших успіхів досягнуто з газовими турбінами, які тепер працюють на широкому асортименті видів палива, від пиловидного вугілля до одноокису вуглецю, але найчастіше «зправляються» природним газом.

Природний газ. Чистіший за всі інші види викопного палива, він полегшує впровадження цілої низки технологій,

які уможливлюють повніше, ефективніше й чистіше спалювання, ніж системи, що працюють на вугіллі й нафти. Таким чином, перехід на природний газ може зменшити забруднення в два прийоми: спочатку за рахунок переходу на менш брудне паливо, потім – завдяки впровадженню ефективніших, чистіших технологій.

Багато таких технологій – наприклад, турбіни комбінованого циклу – опрацьовані, надійні, виробляються і продаються провідними фірмами галузі. Інші – скажімо, автомобільні двигуни, пристосовані для роботи на природному газі – мало чим відрізняються від оригіналу й не вимагатимуть значного переобладнання.

Як природний газ, так і мазут можуть використовуватися для прямого спалювання в турбінах. У турбінах простого циклу гази від згоряння палива крутять вал турбіни, генеруючи електричний струм. Турбіни авіаційного типу – це просто реактивні двигуни, які використовуються для вироблення електроенергії. Вони компактні, високонадійні, мають широке поле застосування, їх легко ремонтувати й міняти. Якщо в них впорскувати пару, ККД зростає, а викиди окисів азоту зменшуються.

Якщо ж їх обладнати проміжним охолоджувачем, ККД сягне 55 відсотків, а викиди ще більше зменшаться. Якщо ж парову й газову електротурбіни спарувати в одне ціле (як у методі «Кул Вотер»), це зватиметься «комбінованим циклом». На станції у Фуцу, Японія, такі установки зараз працюють з ККД 47 відсотків. Вважається, що системи комбінованого циклу нового покоління вийдуть на ККД 52 відсотки. «Сименс» уже сьогодні готовий гарантувати на письмі, що його установки матимуть не гірші показники.

I все ж найперспективнішим застосуванням природного газу в найближчому майбутньому може стати його роль «носія» водню в маловідомому пристрії під назвою «паливний елемент». До початку перегонів у космосі цей пристрій був лабораторним курйозом, та потім успішно використовувався як джерело

живлення на «шатлах» та інших американських космічних кораблях. Якщо такий елемент заправити водою, він перетворить його шляхом хімічних реакцій на чисту питну воду й електрику. Чисто й безшумно! Ці батареї працюють також на паливі, багатому на водень – скажімо, природному газі й метанолі. Хоча при цьому й має місце деяке забруднення повітря, воно є незрівнянно меншим, ніж у звичайних двигунів. Викиди окисів азоту, наприклад, часто такі низькі, що їх неможливо вимірити за допомогою сучасних приладів промислового вжитку. Що ж до загальної ефективності, найкращий звичайний двигун поступається найгіршому паливному елементові. Наприклад, типовий автомобільний двигун працює з ККД приблизно 18 відсотків, переводячи решту бензину на тепло, тоді як ККД подібної за потужністю паливної батареї вдвічі більший і може бути доведений до 75 відсотків.

Завдяки своїй компактності, екологічній чистоті й безшумності в роботі паливні елементи можуть розміщуватися у центральній частині міста, ба навіть усередині житлового будинку. Відтак зникає потреба в передавальних дротах, комунікаціях і юридичних суперечках, пов'язаних з їх прокладанням, немає і втрат енергії. Важливо й те, що тепло – побічний продукт роботи – можна використовувати для обігріву чи охолодження приміщень, нагрівання води в пральніх машинах або з якоюсь іншою метою, довівши таким чином загальну віддачу до 90 відсотків. В експериментальному порядку паливні елементи вже працюють у ряді місць у різних кутках світу, а нещодавно в Японії та США їх виробництво поставлено на конвеєр.

Нафта. Нафтovі кризи 70-х та 80-х років змусили країни-імпортери нафти серйозно замислитися про перехід на машини й заводи, які працювали б на паливі ненафтового походження. Однак, незважаючи на певні зусилля, транспортні засоби, що використовують бензин та дизельне пальне, ѹ досі спричиняють більше забруднення повітря міст, ніж будь-

яка інша діяльність людини. Як у розвинених, так і в решті країн світу на їхню частку в містах припадає більше половини багатьох речовин-забруднювачів, майже половина цілого ряду інших. Машини також викидають у повітря величезну кількість двоокису вуглецю – основного чинника глобального потепління. Наприклад, машини в Сполучених Штатах викидають в атмосферу один з кожних 20 кілограмів CO₂ в світі – це більше за всю Японію.

Хоча вони й не горять бажанням, нафтопереробні компанії можуть дещо зробити для розв'язання проблем, і деякі з них уже відгукнулися на веління часу, розробивши т.зв. «переформульовані» види пального, які дають нижчі рівні забруднення. Наприклад, викиди бензолу, який спричиняє лейкемію, у деяких марках знижено на цілих 90 відсотків. Далі, з погляду технології немає причини не застосовувати паливо на основі нафти у нових енергосистемах – авіатурбінах, паливних елементах тощо. Навіть звичайні, традиційні двигуни можна зробити екологічно чистішими за рахунок поліпшених технологій спалювання – таких, як електричне нагрівання каталітичних перетворювачів, які завдяки підігріву займаються швидше й легше. Втім, нафтопереробні компанії повільно змінюють свої звички, тому уряди та корпорації деяких країн прагнуть зазирнути в майбутнє – приблизно на покоління вперед, коли, як очікується, світові поклади нафти почнуть вичерپуватися.

Принаймні з цієї причини інтерес до ненафтових видів пального явно зростає. «БМВ», «Мерседес» і «Мазда» розробили кожна свою машину з водневим двигуном. «Форд» у своїх моделях 1993 року запропонував «гнучку» паливну систему, яка дає змогу використовувати бензин чи метанол. Це ж планує зробити «Мерседес».

Створюються й інші новинки. Перед ведуть каталітичні перетворювачі, розроблені в Каліфорнії ще 25 років тому. Сучасні моделі спалюють 90 відсотків вуглеводнів та одноокису вуглецю, 60 відсотків окисів азоту.

Серед інших новацій – авто, що працюють на електриці, природному газі, від паливних елементів, від акумуляторів.

Модель «Імпакт» фірми «Дженерал моторс» є найефективнішою на сьогодні акумуляторною машиною. Вона споживає близько 0,12 кіловат-годин енергії на мілю пробігу. Парк таких машин, який мав би щорічний пробіг 1,5 трильйонів миль – а саме стільки «намотують» щороку всі машини Сполучених Штатів – збільшив би споживання електроенергії «аж» на сім відсотків. До приблизно 2010 року акумуляторні машини повинні міцно утвердитися на американському авторинку – за умови, якщо вдастесь відчутно скоротити вагу й час зарядки акумуляторів та збільшити пробіг з однією зарядкою.

АБСОЛЮТНО ЧИСТИ ЕНЕРГЕТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Які ж види палива переважатимуть у майбутньому? Абсолютно чисті («з нульовим забрудненням»), очищені вугілля, нафта й природний газ – чи якісь зовсім інші енергоносії? Багато хто склонний вважати, що людство неминуче прийде до абсолютно чистої енергетики, тобто використання енергії вітру, води, сонця і ядерних реакцій.

Вітер. Вітряні турбіни – пристрой для перетворення вітру на корисну механічну чи електричну енергію – є одними з найдавніших джерел абсолютно чистої енергії. Однак у наш час вони почали широко застосовуватися тільки в 70-х – 80-х роках, коли Сполучені Штати прийняли цілу низку програм розвитку цієї галузі енергетики. Вже на кінець 1984 року в Каліфорнії, де прийнято закони про експлуатаційні компанії та інші акти, що заохочують використання альтернативних джерел енергії, працювало 8469 вітрових турбін загальною потужністю близько 550 електромегават (eMBt). Майже всі ці установки змонтовано у вітряних місцинах групами по кілька-десяト і кількасот штук (ці господарства дістали назву «вітряні ферми»). Загальна потужність усіх «вітроелектростанцій» у Сполучених Штатах на той час становила 650 eMBt.

Проте вітряні турбіни мали хронічні проблеми: великі коливання швидкості вітру спричиняли величезні перепади напруги, часто ушкоджуючи трансмісію, а лопаті зупинялися і псувалися від різного сміття, що потрапляло з вітром.

Однак виробники вперто боролися з цими недоліками, і нині покращені за останнім словом техніки варіанти вітрових турбін, розгорнуті у бойові порядки, здатні виробляти кількість електроенергії, достатню для живлення такого гіантського міста, як Сан-Франциско, за цінами, цілком подібними до вартості електроенергії ТЕЦ.

Удосконалення в таких галузях, як конструкція лопатей, ККД вітрових турбін підвищується на 25 відсотків, а нові передавальні механізми і генератори дають змогу витискувати більше електрики як з урагану, так і з легенького вітерця. Кіловат-година нових установок коштує 5 центів – менше, ніж у вугільних ТЕЦ.

У міру удосконалення, нова технологія набуває ширшого вжитку. Приблизно 80 відсотків вітряної енергії світу «збирають» у Каліфорнії, та останнім часом цим серйозно зайнялися на Середньому Заході США і в Європі – особливо в Бельгії – та інших регіонах.

З огляду на короткий час, за який можна розгорнути і запустити у виробництво вітряну станцію – не враховуючи час на збирання та обробку інформації про вітри в даному місці, це рік чи два – за сприятливих обставин темпи зростання вітроенергетики можуть бути надзвичайно високими. Цілком можливо, що ринковий потенціал для вітряних турбін до кінця сторіччя сягне 21 тисячі eMBt.

Сонце. З енергією сонця справи ішли не так успішно, і все ж сонячні батареї й установки швидко заповнюють ринкові ніші. Якщо їхня вартість знижуватиметься й надалі, вони незабаром конкуруватимуть з великими теплоелектроцентралями. Вже зараз «термальні» установки, в яких сонце розігриває рідину до надвисоких температур і пара крутить турбіну-електрогенератор, дають

НОВА ЗЕЛАНДІЯ: МАШИНИ НА СТИСНУТОМУ ПРИРОДНОМУ ГАЗІ (СПГ)

Коли 1978 року вибухнула чергова нафтова криза, уряд Нової Зеландії заснував Раду з рідких видів палива, завданням якої стало «зменшення імпорту нафти». Працюючи на кошти, отримувані від 0,1-відсоткового податку на продаж бензину (на момент заснування вони становили від 2 до 3 мільйонів доларів), Рада розглянула понад чотири сотні різних варіантів і кінець кінцем рішуче віддала перевагу переведенню транспорту країни на природний газ.

Більша частина існуючої в країні інфраструктури для зберігання та стиснення природного газу походить з Італії та Сполучених Штатів. Нова Зеландія систематично модифікувала та вдосконалювала цю техніку, розробивши:

- систему «шивидкого підключення» для зберігання й заправки, яка заправляє машини так швидко, що у важкого міжміського автобусу на це йде менше чотирьох хвилин – менше, ніж у його дизельного «колеги»;
 - легкі й міцні баки, що витримують майже будь-яку можливу аварію;
 - цілу низку специфікацій, стандартів та деталей для переходу на газ свого парку авто, який є одним із найстрокатіших у світі.
- Щоб заохотити власників заправок до продажу СПГ, а власників авто до переробки машин на газовий варіант, уряд і газові компанії вийшли з рядом стимулів, серед яких:
- разова виплата 150 новозеландських доларів (пізніше суму збільшено до 200);
 - низьковідсоткові позички для владнання всіх проблем, пов'язаних із переходом на газ;
 - субсидії для газових компаній у розмірі 40 відсотків від вартості підведення газопроводів до заправок;
 - купони газових компаній для автовласників, що дають знижку у розмірі 2 новозеландських доларів на одну заправку;
 - податок на автотранспорт, значно нижчий для власників газових автомобілів;
 - різниця в ціні, яка робила СПГ на 33 відсотки дешевшим за бензин.

Наслідком цих зусиль стала найбільша кількість газових авто на душу населення в світі й перша в історії успішна програма переходу на альтернативне пальне. На 1988 рік, приблизно 11 відсотків автопарку країни (блізько 120 тисяч машин) працювали на СПГ.

Лише за десять років Новій Зеландії вдалося перевести одну десяту своїх авто на природний газ і розбудувати відповідну інфраструктуру. Це – неабияке досягнення і найкращий в світі показник переходу на чистіше пальне.

енергію за цінами, близькими до конкурентоздатних.

Проте найбільш «елегантною» формою використання сонячної енергії залишається електрохімічна батарея, що заряджається від фотоелектричної станції, тобто пряме перетворення світлової енергії Сонця на електрику. Цей вид енергії – сама довершеність з багатьох поглядів: вона безплатна, максимальні екологічно чиста і завжди під рукою. Сонячні установки, які можна придбати зі складу і змонтувати протягом кількох годин, можуть живити енергією як віддалені селища, так і односімейні будинки в центрі міста. Панелі-фотоелементи можна встановлювати на даху, на землі, надавати їм будь-якої форми як елементам естетичного оздоблення. Вони рідко виходять із ладу, а якщо одна з панелей зіпсується, решта справно працюватиме далі як у сонячну, так і в хмарну погоду.

На жаль, електроенергія сонячних батарей все ще коштує від двох до п'яти разів дорожче за отриману від спалювання вугілля, нафти чи природного газу. Ще гірше те, що вони не працюють уночі. І все ж деякі країни замірилися найближчим часом розпочати широку експлуатацію «ідеального джерела енергії». Наприклад, Японія й Німеччина субсидують населенню придбання сонячних панелей, Швейцарія та Австрія активно працюють над своїми програмами розвитку сонячної енергетики, а в Сполучених Штатах з новою силою відродився інтерес до її можливостей.

Вода. У своїх планах щодо національної програми повернути США протягом заключних років сторіччя до рівня викидів двоокису вуглецю 1990 року Президент Кліnton дуже покладається на запровадження нових технологій та альтернативних джерел енергії, передусім енергії води. Адже з усіх поновлюваних джерел енергії сила води експлуатувалася найширше, хоча останнім часом будівництво великих ГЕС у країнах, що розвиваються, призупинилося через фінансові проблеми і занепокоєність екологічними наслідками. Втім, частка енергопотенціалу річок і оке-

анів, що сьогодні працює на людину, залишається незначною: 5 відсотків в Африці, 8 - у Латинській Америці, 9 - в Азії. Китай приборкав не більше 10 відсотків свого найбільшого в світі потенціалу, оцінюваного в 378 гігават. У розвинених країнах гідроенергетичний потенціал експлуатується активніше: на 26 відсотків у країнах-членах ОЕСР, на 52 відсотки у США.

Ядерна енергія. Для багатьох ядерна енергія її досі залишається екологічно чистою альтернативою. І справді, у цілому ряді країн, а надто Франції, де 70 відсотків споживаної енергії виробляють АЕС, ядерна енергетика робить вагомий внесок. Але, за незначними винятками, ніхто сьогодні не буде нових атомних станцій - частково через майже обов'язкове перевищення кошторису й затримки з будівництвом, а передусім - через побоювання громадськості після аварії у Чорнобилі та на американській АЕС «Трі-Майл Айленд».

Перспективи ядерної енергетики найпохмуриші у Сполучених Штатах, де, порівняно з типовою станцією, зданою 1971 року, капітальні витрати в реальних цінах на кіловат-годину планової потужності підскочили для вже збудованих станцій учетверо. До того ж, терміни будівництва подвоїлися, а робота станцій, як і раніше, залишає бажати кращого. Тому ядерна енергетика втратила свою привабливість для інвесторів. З 1978 року немає замовлень на будівництво нових ядерних реакторів, а ті тринаціять, що їх було розміщено у Сполучених Штатах між 1975 та 1978 роками, скасовано або відкладено на невизначений строк. Імовірність того, що до кінця сторіччя з'являться нові замовлення, мізерна. Навіть якби вони з'явилися, довгобудови ядерної енергетики виключають можливість значних приростів виробництва електроенергії в цій галузі аж до початку наступного сторіччя.

Втім, нові технології - особливо в Японії та Швеції - можуть зробити АЕС прийнятнішою для населення альтернативою. Японія розробила невеликий експериментальний реактор-«розмножувач» (він сам забе-

зпечує себе паливом) під назвою «Джойо» (Вічний вогонь). Цей реактор успішно працює вже кілька років, незабаром буде введено в експлуатацію його потужніший варіант, «Мондзю». Очікується, що за ними буде збудовано ще три демонстраційні реактори дедалі більшої потужності, після чого між 2010 і 2030 роками установки промислового значення вийдуть на потужність 1500 мегават.

У Швеції корпорація АББ розробила «абсолютно безпечний» реактор під назвою ПУС, який, за словами компанії, не боїться землетрусів, повені, пожежі, вибухів і взагалі будь-яких ушкоджень. АББ також розробила засоби зв'язування і зберігання радіоактивних відходів, що обіцяють безпечну роботу станції «протягом наступних 10 тисяч років». Невідомо, чи виправдає ПУС свою рекламу, однак ясно, що в разі відновлення - перед загрозою глобального потепління - широкого інтересу до АЕС слово за цими технологіями.

ВИСНОВКИ

Незалежно від того, чи відновиться широке будівництво АЕС, очищатимуть угілля або сонячне світло стане вічним джерелом чистої енергії, світ безумовно рухається в новому напрямку. Як уряди, так і компанії підштовхують до цього цілий ряд імперативів: консервування природних ресурсів, захист довкілля, попит, підвищення енерговіддачі, нові технології. За обрієм на нас чекає або зовсім нове, або принаймні світліше майбутнє. Ясно одне: так далі жити не можна.

БІБЛІОГРАФІЯ

- Allen, R.P. and R.P. Triassi
33rd GE Turbine State-of-the-Art Technology Seminar for Industrial, Cogeneration, and Independent Power Turbine Users
General Electric Company,
September 1989
- Alliance to Save Energy
An Alternative Energy Future: A Joint Study by the Alliance to Save Energy, the American Gas Association, and Solar Energy Industries Association
Washington, D.C.: Alliance to Save Energy, 1992
- Bleviss, Deborah L.
The New Oil Crisis and Fuel Economy Technologies: Preparing the Light Transportation Industry for the 1990s
New York: Quorum Books, 1988
- Cogan, Douglas G.
The Greenhouse Gambit: Industry Response to Climate Change
Washington, D.C.: Investor Responsibility Research Center, Inc., 1991
- Confronting Climate Change: Strategies for Energy Research and Development*
Washington, D.C.: National Academy Press, 1990
- Congress of the United States
Office of Technology Assessment
Energy Technology Choices: Shaping Our Future
Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1991
- Congress of the United States
Office of Technology Assessment
Improving Automobile Fuel Economy: New Standards, New Approaches
Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1991
- Congress of the United States
Office of Technology Assessment
New Electric Power Technologies: Problems and Prospects for the 1990s
Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1985
- Johansson, Thomas B. et. al, eds.
Electricity: Efficient End-Use and New Generation Technologies and Their Planning Implications
Lund, Sweden: Lund University Press, 1989
- Lee, Thomas H., Ben C. Ball Jr., and Richard D. Tabors
Energy Aftermath
Boston: Harvard Business School Press, 1990
- Lee, Thomas H. and Proctor P. Reid, eds.
Prospering in a Global Economy: National Interests in an Age of Global Technology
Washington, D.C.: National Academy Press, 1991
- Lloyd, Alistair
Thermodynamics of Chemically Recuperated Gas Turbines
Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University, January 1991
- Maycock, Paul D. and Edward N. Stirewalt
A Guide to the Photovoltaic Revolution
Emmaus, Pa.: Rodale Press, 1985
- Moore, Curtis and Alan S. Miller
Green Gold: Japan, Germany, the United States, and the Race for Environmental Technology
Boston: Beacon Press, 1994
- Ogden, Joan M. and Robert H. Williams
Solar Hydrogen: Moving Beyond Fossil Fuels
Washington, D.C.: World Resources Institute, 1989
- Organization for Economic Cooperation and Development
Energy Technologies for Reducing Emissions of Greenhouse Gases
2 vols. Paris: OECD, 1989
- Organization for Economic Cooperation and Development
Directorate for Science, Technology, and Industry
“The OECD Environment Industry: Trends and Issues.”
Paris, 1991
- Simons, M.
“High Ozone and Acid-Rain Levels Found Over African Forests,”
The New York Times, June 19, 1989
- U.S. Department of Energy
National Energy Strategy
(Technical Annex 5: Analysis of Options to Increase Exports of U.S. Energy Technology)
Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1991/92
- U.S. Department of Energy
Office of Fossil Energy
The Role of Repowering in America's Power Generation Future
Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, November 1987
- U.S. Department of Energy
Office of Policy, Planning and Analysis
The Potential of Renewable Energy: An Interlaboratory White Paper
Prepared for the U.S. Department of Energy by Idaho National Engineering Laboratory, Los Alamos National Laboratory, Oak Ridge National Laboratory, Sandia National Laboratories, Solar Energy Research Institute (SERI/TP-260-3674), March 1990
- World Resources Institute
Car Trouble: How New Technology, Clean Fuels, and Creative Thinking Can Revive the Auto Industry and Save Our Cities from Smog and Gridlock
Boston: Beacon Press, 1993
- World Resources Institute
World Resources 1992–93
New York: Oxford University Press, 1992

КОНТАКТИ

American Council for an Energy
Efficient Economy
1001 Connecticut Avenue, N.W.
Suite 801
Washington, D.C. 20036
U.S.A.
Tel: 202-429-8873
Fax: 202-429-2248

California Energy Commission
Media and Public Communications
Office
1516 9th Street
Sacramento, Ca. 95814-5512
U.S.A.
Tel: 916-654-4989
Fax: 916-654-4420

California Energy Commission
Publications
1516 9th Street
Sacramento, Ca. 95814-5512
U.S.A.
Tel: 916-654-5200
Fax: 916-654-4488

Fuel Cell Development
Information Center
Nihonjiayo No. 7 Bldg.
2-1-7, Kandaogawa-machi
Chiyoda-ku
Tokyo 101
Japan
Tel: 81-3-3296-0935
Fax: 81-3-3290-0986

New Energy and Industrial
Technology Development
Organization
Public Affairs Division
28th Floor, Sunshine 60 Building
1-1 Higashi-Ikebukuro, 3-Chome
Toshima-ku
Tokyo 170
Japan
Tel: 81-3-3987-9313
Fax: 81-3-5992-2290

Office of Technology Assessment
Press Office
U.S. Congress
Washington, D.C. 20510
U.S.A.
Tel: 202-228-6204
Fax: 202-228-6218

U.S. Department of Energy
Press Office
1000 Independence Avenue, S.W.
Washington, D.C. 20585
U.S.A.
Tel: 202-586-5806
Fax: 202-586-5823

World Bank
Environment Department
1818 H Street, N.W.
Washington, D.C. 20433
U.S.A.
Tel: 202-473-6802
Fax: 202-477-0565

World Resources Institute
1709 New York Avenue, N.W.
Suite 700
Washington, D.C. 20006
U.S.A.
Tel: 202-638-6300
Fax: 202-638-0036

Кертис Мур працює у Вашингтоні, консультує з питань міжнародної економіки і пише на теми охорони довкілля. Часто виступає з лекціями про економічну конкуренцію різних країн у світлі екологічної політики. Співавтор розвідки «Зелене золото: Японія, Німеччина, США й перегони в галузі екотехнологій».

Серія Доповіді про охорону довкілля
Редактори: Дебора М.С. Браун, Кетлін Е. Гаг
Художник: Теддіс А. Міксинські